

SISTEM PENGATURAN MESIN PEMOTONG KENTANG BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

De ny Wiria Nugraha*

Abstract

PLC (Programmable Logic Controller) is a system that can manipulate, execute, and monitor the state of the process at a very rapid rate, with the basic data that can be programmed into the integral microprocessor-based systems. PLC to receive input and produce output electrical signals to control a system. In the world of industry, PLC is widely used to control a variety of production machinery and production processes to improve productivity and product quality.

Potato cutting machine control system that is controlled by the PLC can be applied to industrial processes automatically to replace human labor in jobs that require speed and accuracy efficiently so as to improve product quality and quantity of production. Designed system is capable of handling inputs quickly and accurately produce output, where input on this system of sensors and limit switches. While the output of a DC motor and the view (display) by using the seven segment that provides information to the user.

Key words : *Programmable Logic Controller (PLC), DC motor, Sensor, Limit Switch*

Abstrak

PLC (*Programmable Logic Controller*) merupakan sistem yang dapat memanipulasi, mengeksekusi, dan memonitor keadaan proses pada laju yang amat cepat, dengan dasar data yang bisa diprogram dalam sistem berbasis mikro prosesor integral. PLC menerima masukan dan menghasilkan keluaran sinyal listrik untuk mengendalikan suatu sistem. Dalam dunia industri, PLC banyak digunakan untuk mengendalikan berbagai mesin produksi dan proses produksi untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produk yang dihasilkan.

Sistem pengaturan mesin pemotong kentang yang dikendalikan oleh PLC dapat diterapkan pada proses industri secara otomatis untuk menggantikan tenaga manusia dalam pekerjaan yang menuntut kecepatan dan ketepatan secara efisien sehingga dapat meningkatkan kualitas produk dan jumlah produksi. Sistem yang dirancang ini mampu menangani input dengan cepat dan menghasilkan output dengan akurat, dimana input pada sistem ini berupa sensor dan *limit switch*. Sedangkan outputnya berupa motor DC dan tampilan (*display*) dengan menggunakan *seven segment* yang memberi informasi kepada pengguna.

Kata Kunci : *Programmable Logic Controller (PLC), motor DC, Sensor, Limit Switch*

1. Pendahuluan

Dalam dunia industri, *Programmable Logic Controller* (PLC) banyak digunakan untuk mengendalikan berbagai mesin produksi dan proses produksi untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produk yang dihasilkan. Sistem elektronik dengan pengontrolan secara otomatis yang menggunakan PLC

mempunyai nilai yang lebih baik untuk digunakan sebagai pengaturan maupun sebagai alat bantu kepentingan manusia. Penggunaan mesin pemotong kentang yang dikendalikan oleh PLC dimaksudkan untuk menggantikan tenaga manusia dalam pekerjaan yang menuntut kecepatan dan ketepatan secara efisien.

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

Pada industri yang memproduksi makanan ringan (camilan) dimana menggunakan kentang sebagai bahan bakunya, diperlukan bentuk potongan kentang yang bervariasi dengan jumlah besar dalam waktu singkat, oleh karena itu diperlukan proses pemotongan kentang yang cepat dan tepat. Bila proses pemotongan dilakukan dengan tenaga manusia sangat tidak efisien, sehingga dirancangnya mesin pemotong kentang yang bekerja secara otomatis.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Motor DC

Sebuah elektrik motor mengkonversi besaran listrik menjadi besaran mekanik. Berdasarkan karakteristiknya motor DC mempunyai daerah pengaturan putaran yang lebih luas dibandingkan dengan motor arus bolak-balik. Sistem penggerak motor DC bekerja berdasarkan hukum *ampere* yang menyatakan bahwa konduktor/penghantar akan mendapatkan kekuatan/gaya apabila arus listrik yang mengalir di dalam sebuah loop konduktor/penghantar berada di dalam sebuah medan magnet.

Motor DC mempunyai dua terminal elektrik. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.

Untuk memilih motor yang tepat, pada tulisan ini harus diperhitungkan tenaga yang dibutuhkan oleh motor tersebut serta putaran dan torsi yang dihasilkan

oleh motor. Torsi (*torque*) adalah gaya angular yang dapat dihasilkan motor pada jarak tertentu dari porosnya. Pada unit *metric*, torsi motor dispesifikasikan sebagai Newton-meters (Nm).

Keunggulan dari motor DC adalah lebih ringan dibandingkan dengan sistem hidrolik, namun memiliki torsi dan kecepatan yang tinggi, mudah diaplikasikan dengan peralatan kontrol, torsi dan kecepatan dapat diubah-ubah dengan mudah melalui berbagai sistem transmisi.

Motor DC dibedakan menjadi empat yaitu: motor shunt, motor seri, motor kompon, motor penguat terpisah. Terdapat juga motor DC khusus yaitu motor DC servo yang digunakan dalam tulisan ini. Motor DC servo adalah motor yang didesain khusus dengan umpan balik, oleh karena itu semua motor servo mempunyai respon yang baik. Pada motor DC servo digunakan konstruksi yang khusus, berbeda dengan motor DC biasa karena motor DC servo juga digunakan untuk mengatur posisi.

2.2 Relay

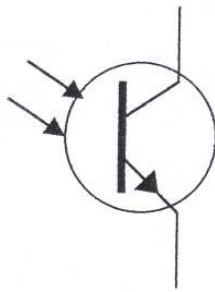
Relay adalah sebuah komponen elektromagnetik yang dapat mengubah kontak-kontak saklar sewaktu komponen ini menerima arus listrik. Pada dasarnya relay terdiri atas sebuah kumparan kawat beserta sebuah inti besi lunak. Kalau kumparan dialiri listrik, maka besi lunak menjadi magnet dan menarik konduktor berpegas, saklar ini pun menutup. Kalau arus dimatikan, magnet pada besi lunak menghilang, dan konduktor dilepaskan, sehingga saklar membuka.



Gambar 1. Contoh bentuk fisik Relay

2.3 Sensor Photo Transistor

Sensor *photo conductive* adalah sensor-sensor yang mengalami perubahan pada konduktivitas bahan semi konduktor saat terkena sinar/cahaya. Sensor *photo conductive* terdiri dari dua jenis, yaitu *photo conductor* tipe *junction* dan *photo conductor* tipe *bulk*. Untuk *photo conductor* tipe *junction* misalnya *photo dioda* atau *photo transistor*. Sedangkan untuk *photo conductor* tipe *bulk* yaitu *photo resistor*.



Gambar 2. Simbol photo transistor

Pada tulisan ini digunakan sensor *photo conductive* tipe *junction* (*photo transistor*) sebagai sensor untuk mengontrol ada tidaknya input (berupa gangguan pada penerimaan cahaya) yang terhalang oleh masuknya kentang sehingga dapat memberikan respon bahwa mesin dalam keadaan siap dan sensor *photo transistor* ini juga digunakan untuk mengontrol berapa banyak kentang yang sudah masuk.

2.4 Programmable Logic Controller (PLC)

Sebelum adanya *Programmable Logic Controller* (PLC), sudah banyak peralatan kontrol sekuensial, semacam cam shaft dan drum. Ketika relay muncul, panel kontrol dengan relay menjadi kontrol sekuensial utama. Ketika transistor muncul, *so lid*

state relay diterapkan pada bidang dimana relay elektromagnetik tidak cocok diterapkan seperti untuk kontrol dengan kecepatan tinggi.

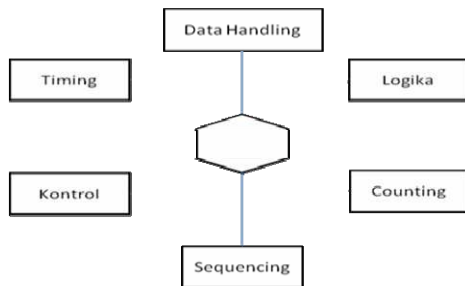
Sekarang ini sistem kontrol sudah meluas sampai ke keseluruhan sistem kontrol dikombinasikan dengan kontrol dengan *feedback*, pemrosesan data dan sistem monitor terpusat. Sistem kontrol logika yang konvensional tidak dapat melakukan hal-hal tersebut dan dengan *Programmable Logic Controller* diperlukan untuk itu.

PLC merupakan sistem yang dapat memanipulasi, mengeksekusi, dan memonitor keadaan proses pada laju yang amat cepat, dengan dasar data yang bisa diprogram dalam sistem berbasis mikroprosesor integral. PLC menerima masukan dan menghasilkan keluaran sinyal-sinyal listrik untuk mengendalikan suatu sistem.

Secara umum, PLC dapat dibayangkan seperti sebuah personal komputer konvensional (konfigurasi internal pada PLC mirip sekali dengan konfigurasi internal pada personal komputer). Akan tetapi dalam hal ini PLC dirancang untuk pembuatan panel listrik. Jadi bisa dianggap bahwa PLC adalah komputernya panel listrik.

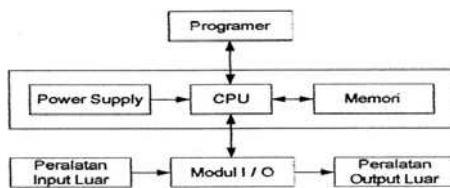
PLC secara khusus dirancang untuk dapat menangani suatu sistem kontrol otomatis pada mesin-mesin industri ataupun aplikasi-aplikasi selain pada industri. Didalam CPU PLC dapat dibayangkan seperti kumpulan ribuan relay. Akan tetapi bukan berarti didalamnya terdapat banyak relay dalam ukuran yang sangat kecil. Didalam PLC berisi rangkaian elektronika digital yang difungsikan seperti kontak NO dan kontak NC relay. Bedanya dengan relay bahwa satu nomor kontak relay (baik NO maupun NC) pada PLC dapat digunakan berkali-kali untuk instruksi semua dasar selain instruksi output. Dalam PLC tidak diijinkan

menggunakan output dengan nomor kontak yang sama.



Gambar 3. Blok diagram PLC

Pada umumnya PLC memiliki lima komponen dasar. Komponen-komponen ini adalah Modul Catu Daya, Unit Prosesor Pusat, Modul Input/Output, Memori, Program PLC, ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Bagian-bagian PLC

3. Perancangan Sistem

3.1 Perancangan perangkat keras

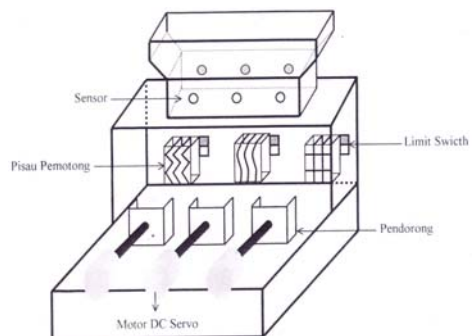
Blok diagram dari sistem yang dirancang dapat dilihat pada gambar 5.

Prinsip kerja dari blok diagram di atas adalah sebagai berikut: sensor dan *limit switch* digunakan sebagai peralatan input yang berfungsi memberikan sinyal ke PLC untuk menunjukkan posisi. Dari sinyal input tersebut diproses oleh PLC sesuai dengan urutan proses kerja mesin yang ditulis berupa *ladder diagram* pada

komputer dan disimpan pada RAM yang terdapat pada CPU PLC. Kemudian PLC mengirimkan sinyal output yang diberikan pada rangkaian *driver* lalu ke motor-motor penggerak.

3.2 Proses Kerja Mesin

Pada awal proses, pendorong kentang selalu berada dekat dengan posisi motor. Motor 1 berputar searah jarum jam sehingga ulir memutar ke kanan menggerakkan pendorong kentang menuju ke mata pisau, jika pendorong kentang menyentuh limit switch 1 yang dipasang sejajar di atas mata pisau maka motor berputar balik melawan arah putaran jarum jam sehingga ulir memutar ke kiri dan menggerakkan pendorong kentang mundur selama waktu yang ditentukan hingga motor 1 berhenti.

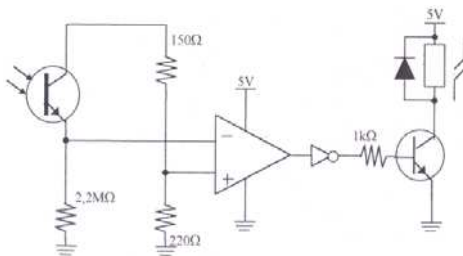


Gambar 5. Skema mesin pemotong kentang

Setelah motor 1 selesai bekerja maka akan dilanjutkan dengan proses pada motor 2 dan 3 yang masing-masing memiliki *limit switch* yang digunakan untuk memutar kembali motor-motor tersebut. Alat pemotong yang digunakan yaitu berupa mata pisau yang berbeda sesuai dengan bentuk potongan yang diinginkan.

3.3 Rangkaian Sensor

Rangkaian ini terdiri dari dua bagian yaitu bagian penerima berupa sensor photo transistor dan bagian pemancar cahaya berupa Led 3 volt.



Gambar 7. Rangkaian sensor yang digunakan pada sistem

Pada rangkaian di atas terlihat sensor photo transistor diberikan tegangan 5 volt dan dihubungkan dengan Op-Amp pada masukan membalik sebagai isyarat yang tidak diketahui tarfnya untuk dibandingkan dengan tegangan acuan. Tujuan dengan menghubungkan sensor photo transistor dengan Op-Amp ini adalah agar saat photo transistor mendapat cahaya maka nilai resistansinya lebih kecil sehingga tegangan yang dihasilkan besar. Tegangan yang dihubungkan ke masukan membalik Op-Amp ini lebih besar daripada tegangan masukan positif (acuan), sehingga keluaran dari output Op-Amp adalah "1" dan dihubungkan ke *inverter* agar mendapat keluaran "0", sehingga ini mengakibatkan relay yang berfungsi sebagai input ke PLC terbuka, dengan kata lain tidak ada kentang yang masuk sehingga mesin tidak bekerja.

Sebaliknya saat sensor photo transistor tidak mendapat cahaya (cahaya terhalang), hal ini mengakibatkan relay yang berfungsi sebagai input ke PLC tertutup, dengan

kata lain ada kentang yang masuk sehingga mesin bekerja.

3.4 Rangkaian Driver Motor DC

Untuk mempermudah proses kerja mesin, penulis menggunakan tiga buah motor DC yaitu motor servo. Sedangkan untuk satu siklus atau sekali proses dibutuhkan gerakan maju dan mundur, sehingga dalam hal ini untuk satu motor dibutuhkan dua buah relay yang berfungsi untuk membalik fasa pada motor tersebut. Dengan membalik fasa ini maka pendorong kentang dapat bergerak maju dan mundur. Adapun rangkaian *driver* motor DC yang digunakan pada sistem ini dapat dilihat pada gambar 8.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil penelitian

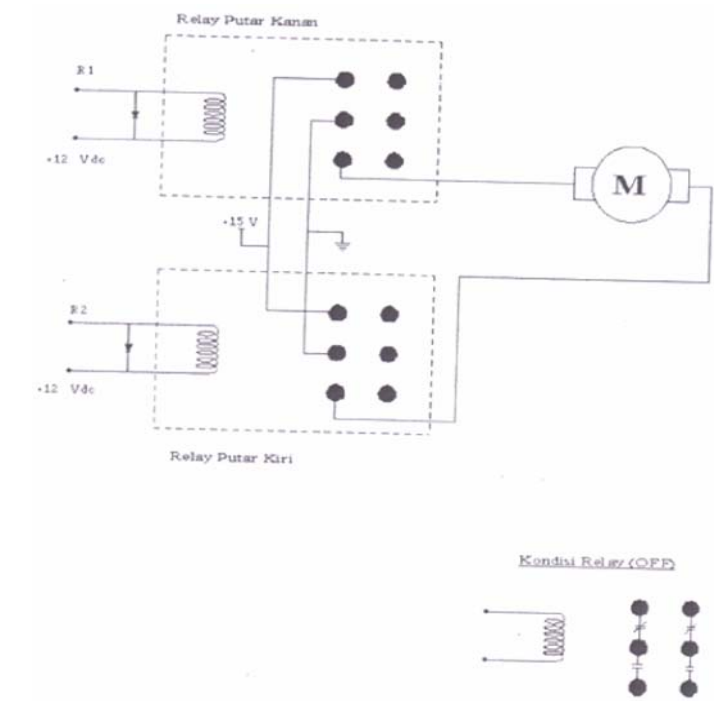
Sebelum menganalisa *ladder diagram* (program) yang dihasilkan dalam perancangan sistem ini maka perlu diketahui *state diagram* output mesin pemotong kentang agar program yang dimasukkan sesuai dengan kerja mesin yang diinginkan.

Gambar 9 menunjukkan *state* pada mesin pemotong kentang yang dirancang secara berurutan agar memudahkan dalam melacak adanya kesalahan pada proses kerja mesin atau kesalahan dalam penulisan program ke PLC (*ladder diagram*).

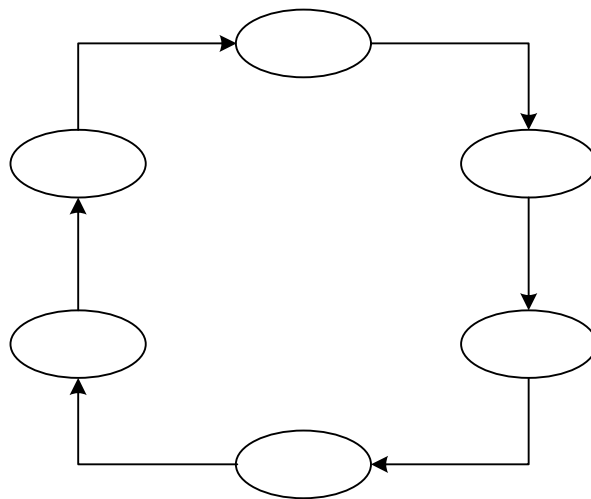
Sistem ini menggunakan input yang terdiri dari tiga sensor dan tiga *limit switch* serta output yang terdiri dari tiga motor DC untuk maju dan mundur, dan dilengkapi dengan tiga tampilan berupa *seven segment*. Daftar pengalamatan input dan output dapat dilihat pada tabel 1.

Hasil pemrograman PLC untuk sistem pengaturan mesin pemotong kentang dalam bentuk *ladder diagram* dapat dilihat pada gambar 10.

Sistem Pengaturan Mesin Pemotong Kentang Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)
 (Denny Wiria Nugraha)



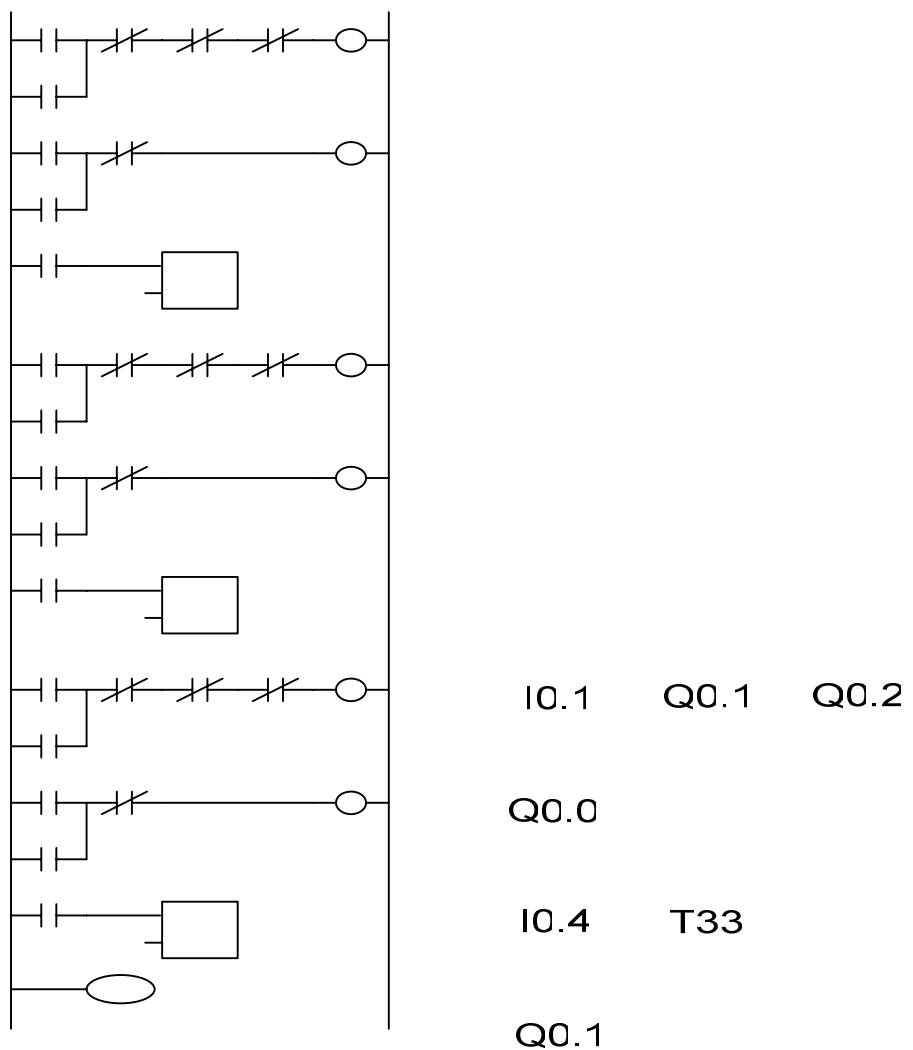
Gambar 8. Rangkaian driver motor DC



Gambar 9. State output sistem pengaturan mesin pemotong kentang

Tabel 1. Daftar pengalamanan input dan output siste m penga turan mesin pemo ng kentang

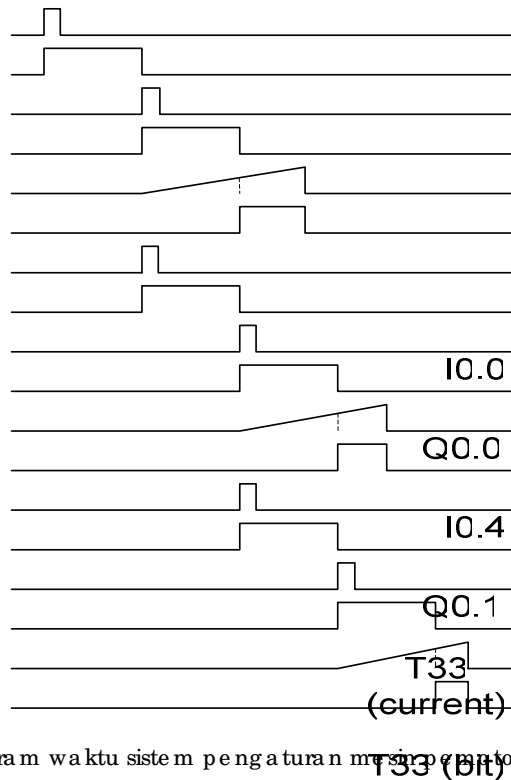
INPUT	ADDRESS	O UTPUT	ADDRESS
Sensor 1	I0.1	Motor 1 maju	Q0.0
Sensor 2	I0.2	Motor 1 mundur	Q0.1
Sensor 3	I0.3	Motor 2 maju	Q0.2
Limit Switch 1	I0.4	Motor 2 mundur	Q0.3
Limit Switch 2	I0.5	Motor 3 maju	Q0.4
Limit Switch 3	I0.6	Motor 3 mundur	Q0.5



Gambar 10. Ladderdigram (program) sistem pengaturan mesin pemotong kentang

Q0.1

T33
IN TON



Gambar 11. Diagram waktu sistem pengaturan mesin pemotong kentang

Hasil pemrograman PLC untuk sistem pengaturan mesin pemotong kentang dalam bentuk urutan kode mnemonic adalah sebagai berikut:

```

ID      I0.1
OR      Q0.0
AND NOT Q0.1
AND NOT Q0.2
AND NOT Q0.4
OUT     Q0.0
ID      I0.4
OR      Q0.1
AND NOT T33
OUT     Q0.1
ID      Q0.1
TON     T33,17
ID      I0.2
OR      Q0.2
AND NOT Q0.0
AND NOT Q0.3
AND NOT
    
```

```

OUT     I0.2
ID      I0.5
OR      Q0.3
AND NOT Q0.2
OUT     Q0.3
ID      Q0.3
TON     T34,12
ID      I0.3
OR      Q0.4
AND NOT Q0.0
AND NOT Q0.2
AND NOT Q0.5
OUT     Q0.4
ID      I0.6
OR      Q0.5
AND NOT T35
OUT     I0.3
ID      Q0.5
TON     T35,11
END.    Q0.4
    
```

I0.6

Q0.5

T35

Diagram waktu (*timing diagram*) sistem pengaturan mesin pemotong kentang dapat dilihat pada gambar 11.

4.2 Pembahasan

Saat sensor 1 terhalang oleh masuknya kentang, I0.1 (NO) akan aktif sesaat maka terjadi kondisi *holding* untuk Q0.0, sehingga arus mengalir melalui Q0.0 (NO), Q0.1 (NC), Q0.2 (NC), Q0.4 (NC) dan mengaktifkan output Q0.0 untuk motor 1 putaran kanan yang menyebabkan pendorong kentang bergerak maju, sampai menyentuh *limit switch* 1 atau I0.4 (NO), maka terjadi *holding* untuk Q0.1 dan secara bersamaan Q0.0 akan terputus arusnya oleh Q0.1 (NC). Sehingga arus mengalir melalui Q0.1 (NO), T3 (NC) dan mengaktifkan *timer* T3 serta output Q0.1 untuk motor putar kiri yang menyebabkan pendorong kentang bergerak mundur selama 17 detik. Setelah itu Q0.1 akan terputus arusnya oleh T3 (NC) sehingga motor 1 berhenti.

Untuk proses pemotongan kentang dengan menggunakan motor 2 dan 3 memiliki cara yang sama dengan proses yang terjadi pada motor 1. Yang membedakan adalah kode input sensor, kode input *limit switch* dan kode *timer* yang digunakan untuk menggerakkan masing-masing motor tersebut. Lamanya waktu yang digunakan pada proses 2 dan 3 disesuaikan dengan lamanya bekerja masing-masing motor yang digunakan untuk menggerakkan pendorong kentang baik untuk motor maju dan motor mundur.

4.3 Hasil Pengujian

Pada pengujian pertama, digunakan sistem *interlock* yaitu saling mengunci, untuk satu kali proses hanya satu motor yang bekerja, sedang yang

lain tidak bisa bekerja (harus menunggu sampai motor berhenti), sehingga dari ketiga sensor itu yang lebih dulu terhalang maka motor tersebut yang akan bekerja. Disini memiliki kelemahan yaitu harus menunggu satu siklus untuk satu kali proses, sehingga banyak waktu yang terbuang (tidak efisien).

Pada pengujian kedua, tetap menggunakan sistem *interlock*, hanya setengah siklus yaitu saat motor putar kiri (pendorong bergerak mundur) maka bisa menggerakkan motor lain untuk putar kanan (pendorong bergerak maju) secara bersamaan, jadi hanya dua motor yang bisa bekerja secara bersamaan. Pengujian ini lebih efisien dari yang pertama sebab hanya terputus setengah siklus.

Pada pengujian ketiga, hanya menggunakan sistem *self holding* pada masing-masing proses, sehingga tidak ada motor yang terkunci baik satu atau setengah siklus. Jadi dari ketiga motor tersebut bisa bekerja secara bersamaan, sehingga lebih efisien dari pengujian pertama dan kedua. Tetapi pada pengujian yang ketiga ini memiliki kekurangan yaitu:

- Saat motor bekerja bersamaan, kecepatan motor menurun (melemah) karena konsumsi daya dari ketiga motor berkurang sehingga proses kerja mesin menjadi lebih lambat, hal ini disebabkan oleh kemampuan dari masing-masing motor berbeda.
- Pengaturan waktu pada *timer* yang digunakan di PLC perlu dirancang secara teliti karena ketiga motor bekerja secara bersamaan.

Kelebihan pada pengujian ketiga ini adalah:

- Pembuatan program PLC menjadi lebih sederhana dan sedikit, karena masing-masing proses hanya menggunakan *self holding*.

- Semua motor dapat bekerja secara bersamaan tanpa harus menunggu setengah siklus atau satu siklus.

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan serangkaian pengujian dan analisa dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Perancangan sistem pengaturan mesin pemotong kentang dengan menggunakan PLC mempunyai beberapa kelebihan yaitu pengontrolannya yang lebih mudah dilakukan dan juga bentuk fisiknya yang kecil membuatnya lebih efisien. Kelebihan yang lain adalah dengan mudah untuk melakukan modifikasi baik programnya maupun sistemnya secara keseluruhan.
- b. Sistem yang dirancang mampu menangani input dengan cepat dan menghasilkan output dengan akurat, dimana input pada sistem ini berupa sensor dan *limit switch*. Sedangkan outputnya berupa motor DC dan tampilan (*display*) dengan menggunakan *seven segment* yang memberi informasi kepada pengguna.
- c. Sistem pengaturan mesin pemotong kentang yang dikendalikan oleh PLC dapat diterapkan pada proses industri secara otomatis untuk menggantikan tenaga manusia dalam pekerjaan yang menuntut kecepatan dan ketepatan secara efisien sehingga dapat meningkatkan kualitas produk dan jumlah produksi.
- d. Sistem pengaturan dengan menggunakan PLC dapat diterapkan pada proses-proses industri lainnya yang bekerja secara otomatis.

6. Daftar Pustaka

- Fitzgerald, A. E., (1992), *Mesin-Mesin Listrik*, Alih Djo ko Achyanto, Erlangga, Jakarta.
- Gunterus, F., (1997), *Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses*, PT Elek Media Komputindo, Jakarta.
- Kartidjo, M., Djodikusumo, I., (1996), *Mekatronika*, FII, IIB, Bandung.
- Manaf, A., (1987), *Mesin Arus Searah*, Politeknik Universitas Bra wijaya, Malang.
- Omron, (1997), *Pengenalan PLC (Programmable Logic Controller)*, PT Putra Andalan Sakti, Surabaya.
- Rothbart, H. A., (1985), *Mechanical Design Handbook*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Warsito, S., (1987), *Teknik Arus Searah*, Karya Utama, Jakarta.
- Webb, J. W., (1999), *Programmable Logic Controllers: Principles and Applications*, Fo urth Edition, Prentice Hall, Columbus, Ohio.